# 電源高調波電流について

## 1 高調波とは?

■高調波の概念

最近、「高調波」という言葉がよく聞かれるようになりました。しかしその「高調波」とは何なのかを、正確に理解している人はそう多くはないでしょう。

現在「高調波」と言われているものは、ほとんどが「電源高調波電流」のことを指しています。「高調波」をJISで調べてみると「周期的な複合波の各成分中、基本波以外のもの。第n次高調波とは、基本周波数のn倍の周波数を持つもの。」(JIS Z8106「音響用語(一般)」より)および、「基本波の整数倍の周波数をもつ正弦波」(JIS Z9212「エネルギー管理用語(その2)」より)となっています。つまり高調波を含まない基本波成分だけの波形は、歪みのない正弦波で、歪みを持った波形はすべて高調波を含んでいるわけです。

「電源高調波電流」は、その「高調波」に「電源」と「電流」がついたものですので、言い換えると「電源ラインに流れる高調波電流」となります。この場合の電源ラインは、国内では100Vまたは200V(海外では120V、230Vなど)の、一般に「商用電源」と呼ばれる電源のことで、一般家庭のACコンセントなどのことを指しています。商用電源の周波数は、50Hzまたは60Hzですので基本周波数も50Hzまたは60Hzです。そしてその高調波については、例えば基本周波数が50Hzの場合の第3次高調波は、150Hzの成分のことになります。

高調波と似ている現象に「ノイズ」があります。高調波も広い意味でのノイズになるのですが、一般に「ノイズ」は単発的に発生し、電源周波数に必ずしも同期していませんが、高調波は電源周波数に必ず同期します。「高調波」と「高周波」を混同して、電源高調波とスイッチング電源が発生するスイッチングノイズとを、間違えないよう注意が必要です。

## 2 高調波電流の発生原因

■高調波を発生する機器・しない機器

高調波電流はなぜ発生するのでしょうか?家庭にある一般的な電気製品、たとえば冷蔵庫・洗濯機・エアコン・電気毛布・こたつ・テレビ・パソコンについて考えてみます。冷蔵庫・洗濯機・エアコンの最新式でないもの(エアコンは多少機能が違いますが、クーラと呼ばれていた頃のもの)は、それぞれの主な電力消費部分は全てモータでした。モータはそのまま電源に接続されると、誘導性の負荷となり電圧より位相の遅れた正弦波電流が流れます。また電気毛布・こたつの最新式でないものは、その電力消費部分はヒータやランプですので抵抗負荷となり、電圧と同じ位相の正弦波電流が流れます。

テレビやパソコンはその内部で交流電圧を直流電圧に変換する回路(整流回路)を通して直流電源をつくり、それで各電子回路部品に電力を供給していますので、その整流回路に流れる入力電流が、テレビやパソコンの入力電流になります。これらの整流回路はコンデンサインプット型が多く、その入力電流は電圧波形のピーク付近だけ流れるパルス状電流波形になります。

以上の例で高調波を発生する機器はどれでしょうか? 電流波形が正弦波の冷蔵庫・洗濯機・エアコン・電気毛布・こたつの最新式でないものは、すべて高調波は発生しません。それに対してテレビとパソコンは高調波電流を発生する機器ですが、テレビとパソコンだけでなく、たとえばエアコンやこたつなどの最新型のものも高調波を発生します。エアコンはインバータ回路が主流になっていますが、インバータ回路はコンデンサインプット型整流回路、またはそれに力率改善用のチョークコイルを追加した回路を使用するのが普通なので高調波電流が流れます。こたつや電気毛布も最近はサイリスタやトライアックで位相制御と呼ばれる制御をして温度調節をしていますので、高調波が発生します。

以上のように、便利で使いやすく電力効率を高めた機器が、高調波を発生することが分かります。そして最近のほとんどの機器は高調波を発生します。

高調波を発生する機器と発生しない機器の違いは何でしょう?それぞれを分類すると、正弦波電流が流れる機器と、そうでない機器に分けられます**《図1》**。この正弦波電流が流れる機器を電源ライン側から見て、「線形負荷」といい、そうでないものを「非線形負荷」といいます。「線形負荷」はヒータやモータなどの抵抗やインダクタンスで出来ているもので、「非線形負荷」はダイオードやサイリスタ・トライアックなどの半導体で制御をしているものです。

## 3 高調波電流の影響

■高調波電流の影響

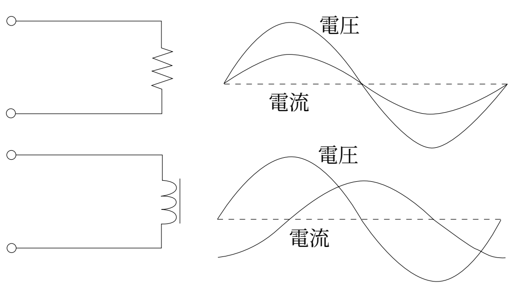
高調波電流は他の機器にどのような形で影響を与えるのでしょうか?

高調波電流が多い機器は力率が低いので、実際に消費される電力より皮相電力が大きいため入力電流が多く流れます。従って電力設備に余裕が必

《図1》高調波を発生する回路・しない回路

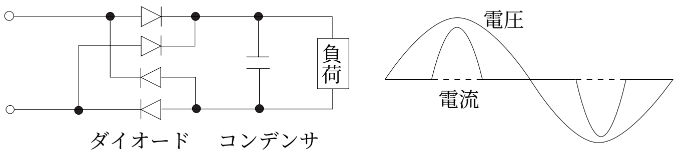
■高調波を発生しない回路の例と電流波形

・線形負荷(白熱灯、電気ストーブ、ファンなど)

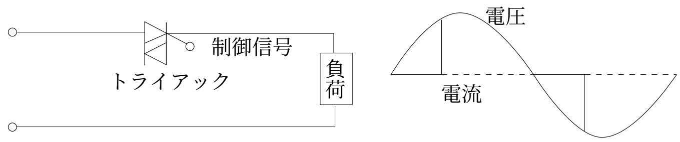



■高調波を発生する回路の例と電流波形

・コンデンサイプット型整流回路(テレビ、VTR、オーディオ、パソコン、電子レンジ、インバーターエアコン、インバータ照明器具など)

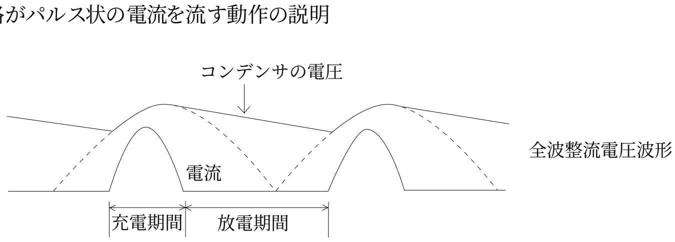



・トライアック位相制御回路(こたつ、電気毛布、白熱灯調光器など)




《参考》コンデンサ・インプット型整流回路がパルス状の電流を流す動作の説明

図の点線で示したのは全波整流電圧波形で、コンデンサが無いとこのような波形になります。そこにコンデンサが付きますと、図のようにピーク付近の電圧がコンデンサで保持され、負荷に流れる電流の分だけコンデンサが放電し、次の電圧波形のピーク付近でまた充電されます。これの繰り返しで電圧のピーク付近でコンデンサに充電する間だけ電流を流すのがコンデンサ・インプット型整流回路です。



要になります。

また電源は発電所から送電線や変電所・柱上トランスなどを通って各家庭に接続されていますが、その電源ラインにはインピーダンスが存在しています。そして高調波電流が流れるとそのインピーダンスにより電圧降下が発生し、結果として電源電圧波形が高調波を含んだ波形になります。商用電源に接続して使用される機器は、普通は商用周波数での使用を前提に作られていますので、高調波が重畳された電圧波形が印加されると思わぬ事故につながります。

具体的に電源ラインに接続された機器や配電設備に悪影響を及ぼした例をあげてみると、進相コンデンサに高調波電流が流れて焼損したり、トランスがうなったり、電圧のピーク値が下がってスイッチング電源が正常動作しなくなったりした事例があります。**《図2》**

## 4 高調波電流の対策

■高調波の対策方法

高調波による障害を防止する対策方法を対策する分野で分けると、

**①電源供給系統での対策**
**②高調波の影響を受ける機器での対策**
**③高調波を出す機器での対策**
の3つに分けられます。

**①電源供給系統での対策**

●電源ラインのインピーダンスを低くする。（電流を電圧に変換させない。）
●余裕を持った電源供給設備にする。
●事業所単位などで、高調波電流をキャンセルさせる働きをする力率改善装置 を導入する。

これらはどの対策も大がかりな対策になり、費用や時間およびエネルギーの有効利用の観点からみて、一部を除いて実行に移すのは難しいでしょう。

**②高調波の影響を受ける機器での対策**

●配電設備に高調波対策品を使用する。（進相コンデンサ等）
●スイッチング電源はある程度ピーク電圧が下がっても動作するような設計をする。
●高調波歪みを含んだ電圧波形が印加されても、機器が誤動作したり破損したりしないような設計および試験をする。

これらは、実際に高調波を含んだ電圧が存在している限り今後は、必要条件になっていくでしょう。

**③高調波を出す機器での対策**

高調波による障害の原因を押さえる事になるので一番有効です。高調波に関する規格は、各機器での高調波の発生量を規制するように作られています。その対策としては大きく2つに分けられます。

●能動的な回路による対策。（アクティブな回路、アクティブフィルタなど）
●受動的な回路による対策。（パッシブな回路、チョークコイルなど）

それぞれに長所短所がありますが、大まかに小容量の機器は受動的な回路による対策で、大容量の機器は能動的な回路による対策がとられます。

■アクティブな回路での高調波対策

機器からの高調波電流の発生を抑える方法のアクティブな回路は、アクティブフィルタ回路（これは他のいろいろな呼び名で呼ばれています）が代表的です。制御方式によりいろいろな回路がありますが、最近は制御用のICやアクティブフィルタの部分をモジュールにしたものなどが発売されています。

アクティブフィルタは電流波形を正弦波状にして、理論的には力率を1.0に限りなく近づけられますが、回路が複雑になってしまいますので、力率を0.8程度までとして、高調波電流を後述する規格値以下にするという方法（回路）が考えられています。**《図3》**

■パッシブな回路での高調波対策

受動的な（パッシブな）回路の代表はチョークコイルです。電力損失が少なく、回路が簡単などの利点がありますが、部品が大きく重い、入力電圧範囲が狭くなる、チョークコイルの設計が難しいなどの欠点もあります。**《図4》**

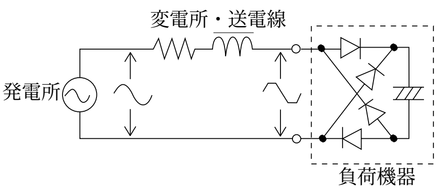
チョークコイルの他に抵抗を入れる方法や、1次と2次間の結合を悪くした商用電源トランスを入れる方法なども、受動的な回路として使用されます。商用電源トランスを使う方法は、海外の安全規格を満足する場合に有効な手段となるので、今までのような商用電源トランスを使わないスイッチング電源よりも、トランスの2次側の低圧部分でのチョッパ回路を使用した方が、安全規格を含めて考えると有利な場合もあります。

■チョークコイル使用する上での注意

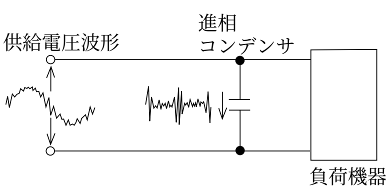
高調波対策にチョークコイルを用いる場合の設計には、以下の注意が必要です。

●チョークコイルの仕様書には直流重畳特性を記載し、電流のピーク値でもチョークコイルが飽和しないようにする。
●チョークコイルは1次回路になるので安全規格を考慮する。

《図2》高調波電流の影響

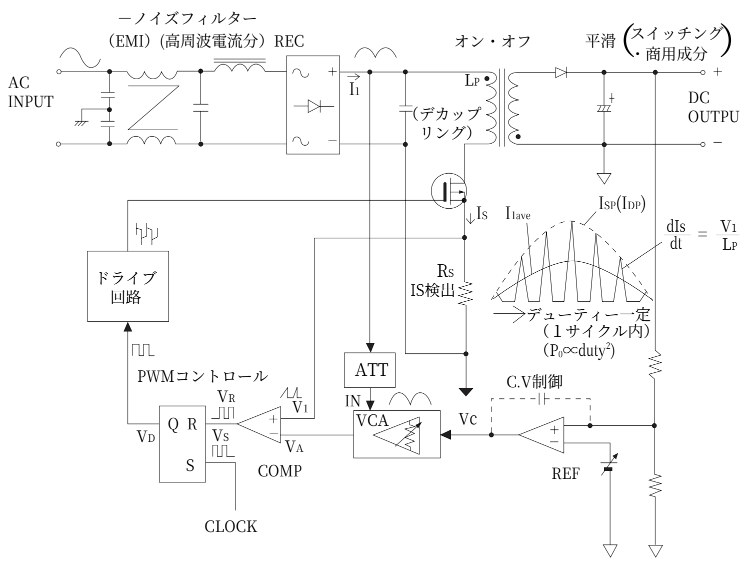



**送電線の等価回路と電圧歪み**

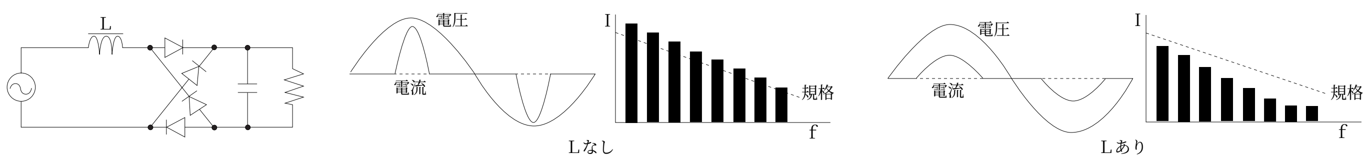



**電圧歪みの影響**

《図3》アクティブフィルタの回路例




《図4》パッシブな回路での高調波対策



# 電源高調波電流について

●入力にインパルスノイズが印加される機器の場合、チョークコイルの巻線間や入出力端子間および巻線とコア間でインパルスノイズが放電しないように構造に注意する。

●チョークコイルのインダクタンスを決定するときに、実機での実験前にコンピュータ上の回路シミュレーション（SPICEなど）を使用すると効率的である。

●漏洩磁束に注意する。

## 5 高調波電流の規格

■高調波電流の規格の現況

高調波電流の規格の目的は「電圧歪みをあるレベル以下に抑える」ことにあります。その目的のために各機器で発生する高調波電流の値を規制する規格になっています。しかし現代社会ではその存在が他に悪影響を及ぼすものでも、ある国や地域が、単独で決めた規格に基づいて規制を行なうことは、許されない場合があります。その代表的な例として1979年12月にガット（GATT:General Agreemention Tariffsand Trade、関税と貿易に関する一般協定）の加盟国間で調印されたガットスタンダードコードで、「加盟国は自国において、任意規格または強制規格を定めるときは、事前に加盟国に通告し、意見を求めると共に、原則的に国際規格に整合することを義務づけられる。」となっています。これは強制規格および任意規格においても、その規格が存在することにより、通商上の非関税障壁になることを防ぐのがねらいです。したがって高調波電流規制についても各国や各地域での規格・規制は、国際規格に基づいて行なわれます。

高調波関係についてはIEC（International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議）で規格の改訂審議を行ないます。したがって、その規格動向に留意すると共に、国際的な規格作成活動への参画と協力が必要とされています。

高調波に関する規格の作成は、高調波の発生側（各電気機器製造者側）と高調波を受ける側（電力供給側）の立場がはっきり別れていることが特徴的です。したがって双方の観点から規格が審議されています。特に製造される機器によっては、高調波対策を行なうと、費用や寸法・重量などの面で、その機器の存続さえも危ういものが出てきますので、規格の作成は慎重に行なわれています。

■国際規格

高調波発生を抑制するための限度値に関する規格は現在は以下のものがあります。

●IEC61000-3-2
一般低電圧配電系統に接続される機器（入力電流16A以下）に対する限度値

●IEC61000-3-4
一般低電圧配電系統に接続される機器（入力電流16A超）に対する限度値

●IEC61000-3-6
中高圧電力供給システムに接続される機器に関する高調波電流発生の限度値

■日本国内の規格化動向

日本国内においては、通商産業省資源エネルギー庁長官の私的懇談会「電力用基盤強化懇談会」で、電力系統の高調波環境目標レベルとして、総合電圧歪み率が6.6kV配電系で5%および特高系で3%と定められました。（1987年5月の報告書）

その後（社）電気協同研究会の高調波対策専門委員会で、機器の2000年までの普及率と需要予測などを考慮して、高調波の発生量を現状から総量で家電・汎用品は25%の抑制、特定需要家は50%の抑制をすることを目標にしました。家電・汎用品に関しては（社）日本電気協会の電気用品調査委員会高調波専門部会で、ガイドラインをまとめるため、上記の抑制目標とIEC規格との整合性を基本として、IEC規格の改訂を見極めつつ、日本特有の事情の有無を配慮して審議が進められました。

この結果、「高圧または特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」すなわち特定需要家向けガイドラインと、「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン」が決定され、平成6年9月30日付けで通産省公報が発行されました。また10月3日に、通産省資源エネルギ-庁公益事業部長名の通達が出されました。

---

《参考》交流関係の用語

● 実効値：　r. m. s値(Root Mean Square)とも呼ばれ電圧や電流の瞬時値の二乗平均の和の平方根。抵抗に対して同じ電力を生ずる直流の大きさと同じ。

● 電力：　消費されるエネルギーの量で、ほとんどの場合熱に変わるが、運動エネルギーや光に変わるものもある。単位はW。

● 皮相電力：電圧と電流の実効値の積単位はVA

● 力率：　電力と皮相電力の比（電力÷皮相電力）0～1の間の値。百分率で表すこともある。

● 偶数次と奇数次成分
波形を見て一般に波形のプラス半サイクルとマイナス半サイクルが同じ形をしているとき（対称波形）は、直流成分と偶数次高調波成分は含まれず、奇数次成分だけが含まれます。そのため多くの機器の電源高調波電流は、偶数次成分をほとんど含まず、奇数次成分だけを含みます。（例外もあります）

● 全高調波歪み（THD）
オーディオなどの性能を表す場合に良く使われる「全高調波歪み（THD）」は、基本波以外の高調波成分の二乗の和の平方根と基本波成分の比を%またはdBで表したものです。

$$THD = 1/C_1 \times \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} C_n^2} \times 100[\%]$$

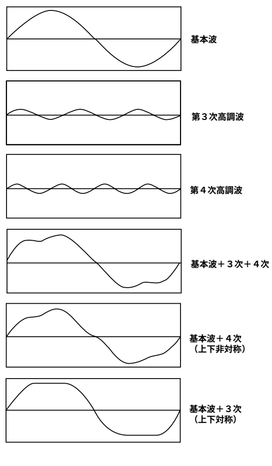
$C_n$：第n次高調波成分　$C_1$：基本波成分

● フーリエ級数
周期的な複合波（普通の繰り返し波形）は一般に「フーリエ級数」と呼ばれるもので表せます。
ここで
$f(\omega t)$：周期的な複合波　$\omega$：角周波数
$\omega_1$：基本波の角周波数　t：時間
$C_0$：直流成分　$C_n$：第n次高調波成分　$\phi_n$：第n次の位相角
とすると、$f(\omega t)$のフーリエ級数は

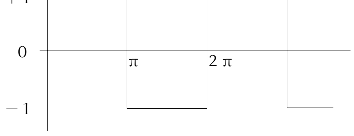
$$f(\omega t) = C_0 + \sum_{n=2}^{\infty} C_n \sin(n\omega_1 + \phi_n)$$

と表せます。

これを50Hzの電源ラインの高調波とすると、
$C_1$は50Hzの基本波成分
$C_2$は100Hz成分（第2次高調波）
$C_3$は150Hz成分（第3次高調波）
$C_4$は200Hz成分（第4次高調波）
$C_5$は250Hz成分（第5次高調波）
となります。
（$C_n$はピーク値ですので実効値はその$1/\sqrt{2}$倍になります。）

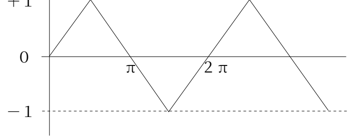



◇ 矩形波のフーリエ級数




$$f(\omega t) = 4/\pi\,(\sin\omega t + 1/3\sin 3\omega t + 1/5\sin 5\omega t + \cdots\cdots)$$

◇ 三角波のフーリエ級数




$$f(\omega t) = 8/\pi\,(\sin\omega t - 1/3^2\sin 3\omega t + 1/5^2\sin 5\omega t - 1/7^2\sin 7\omega t\cdots\cdots)$$

上の2例はそれぞれプラス半サイクルとマイナス半サイクルが同じ波形（対象）なので、直流成分と偶数次成分が含まれない、奇数次成分だけの式になっています。

## 6 ガイドラインの概要

以下に「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン」の概要（抜粋）をIEC61000-3-2との違いを交えながら示します。なお、文中の図及び表の付番順序についてページの構成上意図的に変更したものがあり、よって原文の付番と一致していない部分があります。あらかじめご了承下さい。

### 1.適用範囲

300V以下の商用電源系統に接続して使用する定格電流20A/相以下の電気・電子機器（家電・汎用品）に適用する。ただし、上記範囲外であってもこれを準用することを妨げない。

◆ IEC61000-3-2では、低圧配電系に接続される入力電流が1相あたり16A以下の電気・電子機器に適用され、公称電圧220V未満の系統に関する限度値は、まだ考慮されていません。

### 2.機器の分類（クラス分け）

機器を分類して、それぞれのクラスの機器に高調波電流発生の限度値を適用する。

**クラスA:平衡3相機器及び他のクラスに属さないすべての機器。**
**クラスB:手持ち形電動工具**
**クラスC:照明機器**
**クラスD:《図5》で定められる「特殊な電流波形」の入力電流を持つ機器で、かつ本ガイドラインで後述する測定法に基づく有効入力電力が600W以下の機器。**

機器の分類（クラス分け）を決定するフローチャートを**《図6》**に示す。

### 3.要求事項

#### 3.1 全般事項

（1）19次を超える高調波電流に対しては、発生する高調波スペクトラムの包絡線を見て、高次になるにつれて、その発生量が単調に減少する傾向にあるならば、その測定を19次までの高調波電流に限ってもよい。

（2）機器の試験条件の下に測定した入力電流の値の0.6%と5mAとを比較し、大きい方の値未満の高調波電流は無視する。

（3）後述の測定法に従って測定したとき、過渡的に生じる高調波電流に対しては、次のように取り扱う。

（a）個々の機器が、手によって又は自動的に、動作に入ったとき、あるいは動作を終えたときに発生する高調波電流は継続が10秒以下ならば、無視する。
注:高圧放電ランプにあっては、始動時動作が安定化するまでの間に発生する高調波電流には、限度値を適用しない。

（b）機器全体または機器のある部分を測定しているときに生じる、その他のすべての過渡的な高調波電流には、限度値が適用される。

（c）過渡的な高調波電流については、監視期間2.5分の内、累積で10%までならば、限度値の1.5倍の値まで認められる。

◆ IEC61000-3-2では、2次から10次の偶数次と、3次から19次の奇数次に限って、この内容が適用されます。

（4）限度値が基本波電流又は入力電力の関数として示されている場合、その基本波電流又は入力電力は、高調波電流の測定と同じ条件で測定される。

※ 注:このガイドラインに適合していることを表示する場合には、「高調波ガイドライン適合品」と取扱説明書等に表示する。なお、このガイドラインを準用した場合は、「高調波ガイドライン準用品」と表示する。

#### 3.2 高調波電流発生限度値

各クラス毎の機器の高調波電流発生限度値（単位:A、各次数毎の実効値）は、次のとおりである。

※ 注:Wは後述の測定法で測定した機器の有効入力電力値をワット（W）で表した値である。

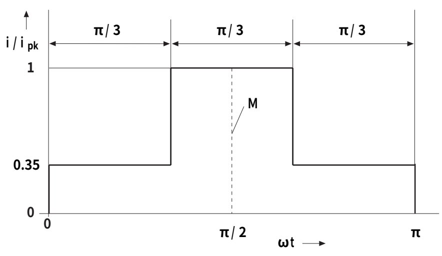
#### 3.2.1 クラスAの機器に対する限度値

クラスAの機器の入力電流の高調波は、**《表1》**に示される限度値Aの「最大許容高調波電流」を超えてはならない。

［備考］
有効入力電力600Wを超えるエアコンディショナ及び電子計算機については、1999年12月31日まで（暫定期間）**《表1A》**の限度値を適用する。ただし三相200V機器にあっては表1-1Aとする。なお、暫定期間終了後にはこれを見直すこととする。

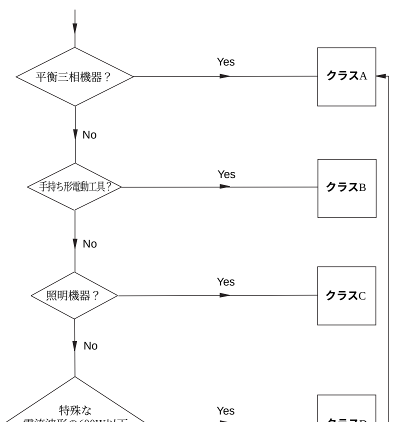
◆ IEC61000-3-2には、このような緩和措置は設けられていません。

《図5》
機器の入力電流波形を「特殊な電流波形」として定めるための入力電流波形を当てはめる包絡線

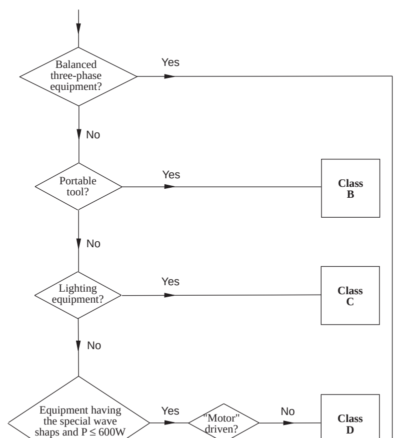



注1:入力電流波形にかかわらず、クラスB、クラスCに分類される機器はクラスDの機器とはみなさない。
注2:機器の入力電流の各々の半周期の波形において、その波形の尖頭値ipkを第1図の中央線のMとレベル"1"に合せたとき、それぞれの半周期の少なくとも95%の期間で、波形が《図5》に示す実線の包絡線の範囲内にある時、その入力電流波形を「特殊な電流波形」とみなす。

《図6》
機器を分類（クラス分け）するフローチャート




《図7》
機器を分類（クラス分け）するフローチャート
(IECの場合)




IEC61000-3-2規格のフロ-チャ-トでは、《図7》に示すように、クラスAとクラスDの判別に Motor driven? が含まれています。

# 電源高調波電流について

### 3.2.2 クラスBの機器に対する限度値

クラスBの機器の入力電流の高調波は、**《表1》**に示される限度値Aの「最大許容高調波電流」の1.5倍の値を超えてはならない。ただし、三相200V機器にあっては**《表1-1》**とする。

### 3.2.3 クラスCの機器に対する限度値

（1）クラスCの機器の入力電流の高調波は、**《表2》**に示される限度値Cの「基本波入力電流に対する百分率の最大値」を超えてはならない。

（2）有効入力電力35W以下の照明機器には限度値を適用しない。ただし、35W以下の電球形蛍光ランプについては、次のいずれかを満足しなければならない。

(a)　入力電流の高調波は、**《表3》**に示される限度値Dの「電力比限度値及び最大許容高調波電流」の値を超えてはならない。

(b)　基本波入力電流に対する百分率で表される第3及び第5高調波は、それぞれ86%、61%を超えてはならない。更に、入力電圧の零クロスを0°として、入力電流の波形は、60°あるいはそれより前で立ち上がり、入力電流のピーク(半周期にいくつかのピークがある場合は最後のピーク)は、65°あるいはそれより前にあって、かつ、90°より後ろで零になること。

（3）調光装置に対する限度値は、次のとおりである。位相制御式以外の放電灯器具組込装置の高調波電流は、調光レベルが最大の時の基本波電流値に、表2に定められる限度値Cの「基本波入力電流に対する百分率の最大値」から得られる値を乗じた電流値を超えてはならない。

注:独立形調光装置、白熱電灯器具組込装置、位相制御式の放電灯器具組込装置には、限度値を適用しない。

（4）一つの照明器具に種々のランプ制御装置が組み込まれ、適用すべき限度値の表が複数にわたる場合には、原則として個々のランプ制御装置毎に測定し、各々の限度値が適用される。

◆ IEC61000-3-2には、このような緩和措置は設けられていません。

### 3.2.4 クラスDの機器に対する限度値

クラスDの機器の入力電流の高調波は、**《表3》**に示される限度値Dの「電力比例限度値及び最大許容高調波電流」の値を超えてはならない。

注:照明機器を除く有効入力電力50W以下の機器には、限度値を適用しない。

[備考]

照明器具を除く有効入力電力75W以下の機器には、2000年12月31日まで限度値を適用しない。

### 4.1測定回路

（1）単相2線機器の測定回路は、**《図8》**による。

（2）単相3線機器の測定回路は、**《図9》**による。

（3）3相機器の測定回路は、**《図10》**による。

### 4.2 測定用電源

測定用電源は、供試機器の受電端子（測定回路のU、U1、U2、U3の点）において測定中、次の条件に適合しなければならない。

（1）測定用電圧・周波数は、機器の定格電圧・定格周波数であること。機器が複数の定格電圧・定格周波数を有する場合は、それらの電圧・周波数を供給して、それぞれ測定する。また、機器の定格電圧が、電圧範囲で示される場合は、使用されることが可能な商用電源系統の全ての公称電圧において、それぞれ測定する。電圧の変動は、無負荷時で±2.0%以内に維持されること、また、周波数は、公称値の±0.5%以内に維持されること。

◆ IEC61000-3-2では、
試験電圧…定格電圧に範囲がある場合、単相230V、三相400Vにおける電圧変動は試験中で±2.0%以内。

（2）相間の基本波電圧の位相差は、3相電源の場合、120度±1.5度、単相3線電源の場合、180度±1.5度のこと。

◆ IEC61000-3-2では、相間の基本波電圧位相差…単相3線式には言及されていない。

（3）測定用電源に含まれる高調波の基本波に対する電圧比は、無負荷時及び供試機器の定格消費電力に相当する抵抗負荷に電力を供給しているとき、次の値以下であること。

3次高調波　:0.9%
5次高調波　:0.4%
7次高調波　:0.3%
9次高調波　:0.2%
2次から10次の偶数高調波 :0.2%
11次から39次の奇数高調波 :0.1%

《表1》限度値A

| 高調波次数 n | 最大許容高調波電流 A[×(230/Vnom)]*1 |
|---|---|
| 奇数高調波 | |
| 3 | 2.30 |
| 5 | 1.14 |
| 7 | 0.77 |
| 9 | 0.40 |
| 11 | 0.33 |
| 13 | 0.21 |
| 15≦n≦39 | 0.15×(15/n) |
| 偶数高調波 | |
| 2 | 1.08 |
| 4 | 0.43 |
| 6 | 0.30 |
| 8≦n≦40 | 0.23×(8/n) |

《表1-1》限度値A(三相200V機器)

| 高調波次数 n | 最大許容高調波電流 A[×(400/Vnom)]*2 |
|---|---|
| 奇数高調波 | |
| 3 | 2.30 |
| 5 | 1.14 |
| 7 | 0.77 |
| 9 | 0.40 |
| 11 | 0.33 |
| 13 | 0.21 |
| 15≦n≦39 | 0.15×(15/n) |
| 偶数高調波 | |
| 2 | 1.08 |
| 4 | 0.43 |
| 6 | 0.30 |
| 8≦n≦40 | 0.23×(8/n) |

《表2》限度値C

| 高調波次数 n | 照明機器の基本波入力電流の百分率として表される最大値(%) |
|---|---|
| 偶数高調波 | |
| 2 | 2 |
| 奇数高調波 | |
| 3 | 30×λ |
| 5 | 10 |
| 7 | 7 |
| 9 | 5 |
| 11≦n≦39 | 3 |

***注：λは回路の力率**

《表3》限度値D

| 高調波次数 n | 電力比例限度値 [×(230/Vnom)]*1 mA/W | 最大許容高調波電流 [×(230/Vnom)]*1 A |
|---|---|---|
| 3 | 3.4 | 2.3 |
| 5 | 1.9 | 1.14 |
| 7 | 1.0 | 0.77 |
| 9 | 0.5 | 0.40 |
| 11 | 0.35 | 0.33 |
| 13≦n≦39 (奇数次のみ) | 3.85/n | 表1による |

《表1A》暫定期間適用する限度値

| 高調波次数 n | 600Wを超える機器の最大許容高調波電流 A[×(400/Vnom)]*2 |
|---|---|
| 奇数高調波 | |
| 3 | 2.30+0.00283(W-600) |
| 5 | 1.14+0.00108(W-600) |
| 7 | 0.77+0.00083(W-600) |
| 9 | 0.40+0.00033(W-600) |
| 11 | 0.33+0.00025(W-600) |
| 13 | 0.21+0.00022(W-600) |
| 15≦n≦39 | {0.15+0.00020(W-600)×(15/n) |
| 偶数高調波 | |
| 2 | 1.08+0.00033(W-600) |
| 4 | 0.43+0.00017(W-600) |
| 6 | 0.30+0.00012(W-600) |
| 8≦n≦40 | {0.23+0.00009(W-600)×(8/n) |

《表1-1A》暫定期間適用する限度値(三相200V機器)

| 高調波次数 n | 600Wを超える機器の最大許容高調波電流 A[×(400/Vnom)]*2 |
|---|---|
| 奇数高調波 | |
| 3 | 2.30+0.00283(W-600) |
| 5 | 1.14+0.00108(W-600) |
| 7 | 0.77+0.00083(W-600) |
| 9 | 0.40+0.00033(W-600) |
| 11 | 0.33+0.00025(W-600) |
| 13 | 0.21+0.00022(W-600) |
| 15≦n≦39 | {0.15+0.00020(W-600)×(15/n) |
| 偶数高調波 | |
| 2 | 1.08+0.00033(W-600) |
| 4 | 0.43+0.00017(W-600) |
| 6 | 0.30+0.00012(W-600) |
| 8≦n≦40 | {0.23+0.00009(W-600)×(8/n) |

***1:限度値として「表の中の値×(230/Vnom)」の計算値は、機器の定格電圧(Vnom)が220V,230V,240Vの電源系統以外の電圧の場合に適用する。**
**機器の定格電圧が、電圧範囲で示される場合は、使用されることが可能な電力系統の全ての公称電圧をVnomとして各限度値を計算する。(ただし、220V,230V,240Vの電源系統の場合は、Vnom=230V一定とする)**

***2:限度値として「表の中の値×(400/Vnom)」の計算値は、機器の定格電圧(Vnom)が三相の380V、400V、415Vの電源系統以外の電圧の場合に適用する。機器の定格電圧が、電圧範囲で示される場合は、使用されることが可能な電力系統の全ての公称電圧をVnomとして各限度値を計算する。**

◆ IEC61000-3-2では、試験電圧の高調波…通常の動作の被試験機器を接続したときに適用している。

（4）測定用電圧のピーク値は、無負荷時及び供試機器の定格消費電力に相当する抵抗負荷に電力を供給しているとき、その実効値の1.40～1.42倍以内であること。
なお、そのピーク値は、0点を通過した後、87°から93°以内に到達すること。

◆ IEC61000-3-2では、試験電圧のピーク（条件）…クラスC、D機器の試験中において適用としている。

（5）電源の内部インピーダンスと供試機器のキャパシタンス間で共振が起こらないよう留意すること。

### 4.3 測定機器

#### 4.3.1 全般要求仕様

測定機器の仕様は、次のとおりでなければならない。
（参考:測定機器の仕様に関するIEC規格として、IECレポート61000-4-7がある。）
（1）波形分析用機器のタイプは特に指定しない。次節4.3.2及び4.3.3に周波数領域形と時間領域形測定器が実際の使用において、ほぼ等価となる仕様を示す。
（2）測定機器の波形分析用機器と波形検出器を含めた（**《図8～図10》**のMの）総合的な誤差は、電流の安定した高調波成分を測定するとき、許容限度値の5%又は供試機器の定格電流の0.2%のいずれかの大きい方の値を超えないこと。
（3）測定機器の波形分析用機器と波形検出器を含めた（**《図8～図10》**のMの）総合的な入力インピーダンスは、供試機器の入力電流による電圧降下が波高値で0.15Vを超えない値であること。
（4）測定電流の高調波成分が測定中に変化して限度値を超える可能性がある場合は、1.5秒±10%の時定数をもつ1次ローパスフィルタの処理により、振幅の平滑化に応じた方法によって、高調波成分を評価する。ただし、この方法が困難である場合は、この処理をせず4回以上測定し、その算術平均による方法を使用してもよい。

◆ IEC61000-3-2では、監視期間2.5分のうち、2次から10次の偶数次、3次から19次の奇数次に対して累積の10%までならば、限度値の1.5倍まで許容される。

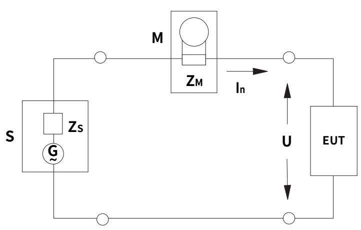
※ 注1:$10^{-5}$秒を超えない時定数の外部シャントを使用する場合は、シャントによる誤差は無視できる。
※ 注2:電流トランスを使用する場合は、測定電流のDC成分による誤差に注意すること。
※ 注3:波高率の大きい電流のピーク値または電源周波数の基本波電流による測定器の入力段における過負荷又は妨害となるインタモジュレーションによって生じる誤差に注意すること。

#### 4.3.2 周波数領域形測定法に対する要求仕様

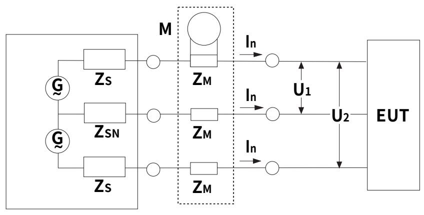
（1）安定した高調波電流のみが供試機器によって発生する場合の要求仕様
（a）測定器の選択製を示す減衰度について測定機器をセットし測定する。1つの第n次の高調波周波数fnに対して、fn-f1及びfn+f1の周波数における減衰度は、次の値以上であること。
2f1≦fn≦12f1の場合 :30dB
12f1<fn≦20f1の場合 :20dB
20f1≦fn≦40f1の場合:15dB

（b）0.5fn以下の周波数に対する減衰度は、50dB以上であること。
（c）電源周波数f1（50Hzまたは60Hz）に対する減衰度は、60dB以上あること。
（2）変動する高調波電流を含むその他の場合に対する追加要求仕様
供試機器によって発生する高調波電流が、測定機器をある高調波周波数fnに設定したとき、試験中に急速に変動する場合、次の点も併せて考慮すること。
（a）帯域幅が広がると測定値が大きくなる可能性があることを念頭においた上で、3Hzから10Hzの帯域幅で測定を行ってもよい。
（b）限度値を超えたことに疑いがある場合は、-3dBの点で3Hz±0.5Hzの帯域幅を有し、かつ（fn-15）Hzまたは（fn+15）Hzに等しい周波数の単一信号の周波数に対して25dB以上の減衰を有する測定機器を使用するべきである。
※ 注:選択性の波形分析器は、通常上記に指定した時定数よりはるかに小さい。高調波発生測定で要求した1.5秒の時定数は、ローパスフィルタを指示器又は記録器の直前に挿入することにより実施するのが最適であると考えられる。

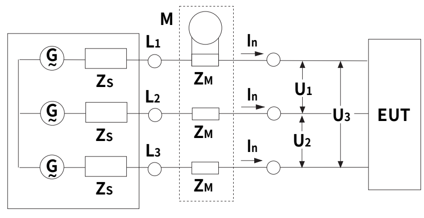
《図8》
単相2線機器の測定回路




《図9》
単相3線機器の測定回路




《図10》
3相機器の測定回路




| | |
|---|---|
| S: | 測定用電源 |
| M: | 測定用機器 |
| EUT: | 供試機器 |
| G: | 測定用電源の開放電圧 |
| ZM: | 測定用機器の入力インピーダンス（測定用インピーダンスを含む） |
| $I_n$: | 線電流のn次の高調波成分 |
| U、U1、U2、U3: | 機器の定格電圧（定格電圧が範囲で示される場は、使用されることが可能な商用電源系統の全ての公称電圧） |

注1:単相2線機器の測定の場合のZS+ZM
供試機器が、
a.100V 機器の場合:（直流抵抗分　0.4 Ω±8% ）+（インピーダンス分0.37mH ±8% ）
b.200V 機器の場合:（直流抵抗分　0.38 Ω±8% ）+（インピーダンス分0.46mH ±8% ）
注2:単相3線機器の測定の場合
a.ZS+ZM の値:（直流抵抗分　0.19 Ω±8% ）+（インピーダンス0.23mH ±8% ）
b.ZSN+ZM の値:（直流抵抗分　0.21 Ω±8% ）+（インピーダンス0.14mH ±8% ）
注3:3相機器の測定の場合
a.ZS+ZM の値:（直流抵抗分　0.19 Ω±8% ）+（インピーダンス0.23mH ±8% ）

**4.3.3 ディスクリートフーリエ変換（DFT）を用いた時間領域形測定法に対する要求仕様**

（1）安定した高調波電流のみが供試機器のよって発生する場合の要求使用

(a) 測定用ウインドウの幅は、基本周波数の4から30サイクル間とすること。

(b) ウインドウの形態は指定しない。しかしレクタンギュラーウインドウを用いる場合は、サンプリングレートを基本周波数f1に次のように同期する必要がある。すなわち、サンプリングレートを同期する周波数fsynと基本周波数f1との間の最大相対偏差は、定常状態において、f1の0.03%以下であること。ハニングウインドウを用いる場合は、このような厳密な同期は必要としない。

(c) サクセッシブウインドウの間のギャップ及びオーバラッピングに対する要求事項はない。

(d) アンチエイリアシングフィルタの減衰度は、測定周波数帯域の中への折り返し周波数に対して、少なくとも50dBでなければならない。

（2）変動する高調波電流を含むその他の場合に対する追加要求仕様

(a) レクタンギュラー（ユニフォーム）ウインドウに対しては、サクセッシブウインドウ間は、ギャップもなく、オーバラッピングもないこと**《図11》**。ハニングウインドウについては、ギャップなしで、半分/半分のオーバラッピングにすること**《図12》**。その他のタイプのウインドウは、使用してはならない。

(b) 限度値を超えたことに疑いがある場合は、測定機器は、レクタンギュラーウインドウにおいては基本周波数の１６サイクルのウインドウ幅を有するもの、ハニングウインドウにおいては基本周波数の20から25サイクルのウインドウ幅を有するものを使用しなければならない。

※ 注:前記4.3.1（4）に述べた1.5秒のアナログ形時定数に等しい特性については、サクセッシブウインドウのリアルタイムのソフトウェア処理によって達成してもよい。ただし、この方法が困難である場合は、この処理をせず4回以上測定し、その算術平均による方法を使用してもよい。

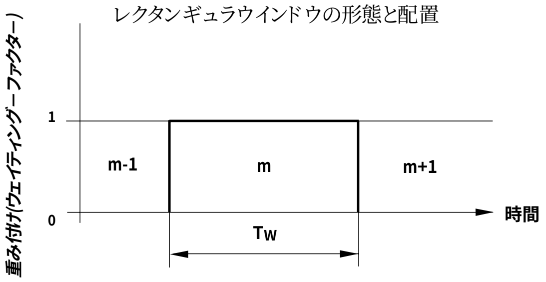
◆ IEC61000-3-2では、算術平均による方法は認めていない

**4.3.4 DFTとは異なったシステム（例えばデジタルフィルタ）を用いる時間領域形測定法に対する要求仕様**

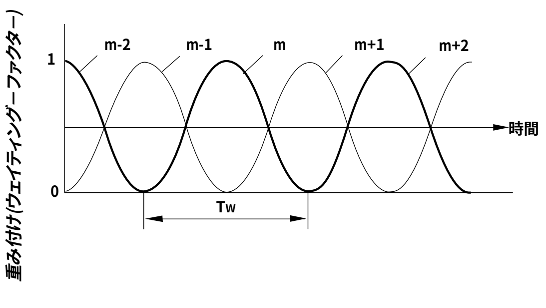
この種の測定機器は前記の周波数領域形測定器によるものに等しい結果が得られるように設計されなければならない。

［参考文献・資料］
- 家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン
  平成9年9月
- JIC ハンドブック
- IEC555-2（1982 ）
- IEC555-2 修正1（1985 ）、2（1988 ）および3（1991 ）
- IEC1000-3-2（1995 ）
- IEC1000-4-7（1991 ）
- 電力利用基盤強化懇談会とりまとめ
  昭和62年5月7日　電力利用基盤懇談会
- 電設工業　昭和58年9月号
  「低圧回路の高調波対策の調査研究」
  （社）日本電設工業協会
- 電設工業　平成4年3月号
  「特集　高調波とその対策」
  （社）日本電設工業協会
- 電気協同研究　第46巻第2号平成2年6月
  「電力系統における高調波とその対策･･･高調波対策専門委員会」
  （社）電気協同研究会

《図11》
レクタンギュラウインドウの形態と配置




《図12》
ハニングウインドウの形態と配置




m-1,m,m+1 ： ウインドウのシーケンス
TW: ウインドウ幅